

**А.М.БОЙКО**, магістр, НТУ «ХП»

**Г.В. БЕЗПРОЗВАННИХ**, д-р. техн. наук, проф., НТУ «ХП»

### ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕКРАНУВАННЯ ВИТИХ ПАР

Встановлено вплив товщини та матеріалу захисної полімерної оболонки витих неекраниваних пар на випромінювання електричної складової електромагнітного поля. Показано ефективність застосування металевих екранів в порівнянні з полімерними захисними оболонками.

Установлено влияние толщины и материала защитной оболочки витых неэкранированных пар на излучение электрической составляющей электромагнитного поля. Показана эффективность применения металлического экрана в сравнении с полимерными защитными оболочками.

Influence of a thickness and material of a protective cover twisted non shielded steam on radiation of an electric component of an electromagnetic field is established. Efficiency of application of the metal screen in comparison with polymeric protective covers is shown.

#### Вступ.

Мережеві кабелі випускаються як неекраниваними, так і екраниваними. При цьому співвідношення між ними становить 84 % до 16 % відповідно [1 – 2].

Єдиної відповіді на питання: застосовувати неекранивану або екранивану пару – немає. Це питання повинно вирішуватися виходячи з конкретних техніко-економічних умов на стадії проектування мережі, враховуючи всі фактори, що впливають на *проблему електромагнітної сумісності та екологічної безпеки* при застосуванні полімерних матеріалів в кабелях.

У першу чергу необхідно, знаючи очікуваний частотний діапазон роботи кабелю, врахувати взаємні впливи між окремими парами, які можна суттєво зменшити введенням індивідуальних екранів, а також визначити ступінь можливих зовнішніх електромагнітних впливів (включаючи між кабельні перешкоди), які можна значно зменшити застосуванням загального екрана сердечника.

Струми та напруги, що виникають в витій парі внаслідок взаємних і зовнішніх впливів, пов'язані з тим, що два провідники несиметричні відносно джерела перешкод (перебувають на різній відстані від нього). Прихильники застосування неекраниваних систем наполягають на тому, що для вирішення проблеми впливів на пари необхідно удосконалювати конструкцію та технологію виготовлення витих пар. Дійсно, однаковий діаметр жил та товщина ізоляції, стабільна відстань між провідниками та крок скрутки по довжині кабелю різко зменшують електромагнітний вплив на виті пари.

Ще один стандартний аргумент на користь неекраниваних рішень полягає в тому, що застосування кабелів з екранами вимагає обов'язкового і якісного заземлення. Для цього потрібна мережа телекомунікаційного заземлення. При ненадійному заземленні струми будуть багаторазово протікати по екрану, частково відбиваючись на його кінцях і випромінюючи електромагнітні хвилі в простір. В такому випадку екран стає вторинним джерелом випромінювання – своєрідною антеною. У такому випадку не тільки захист виті пари від впливу зовнішніх джерел буде неефективним, але і значно збільшиться електромагнітний вплив кабелю на інші, прокладені поруч, кабелі та різні електронні пристрої, що перебувають у тому ж приміщенні.

Істотне випромінювання енергії сигналів у простір значно ускладнює проблеми захисту інформації. Крім того, екран збільшує первинні та вторинні параметри передачі [3]. Окрім впливу на параметри передачі екран виті пари може створювати ефект рамкової антени, що призводить до виникнення тих, чи інших рівнів випромінюваних електромагнітних полів, які можуть перевищити нормативні вимоги. Екран кабелю повинно бути заземлений на шині телекомунікаційної системи заземлення (Telecommunications Ground Busbar, TGB). Різниця потенціалів між екраном та землею не повинна перевищувати 1 В, а електричний опір між екраном та землею – 4 Ом на робочому місці.

Сучасний реальний рівень випромінювань в офісних середовищах значно вище: робота радіотелефонів, систем мікросотового зв'язку – призводять до появи електромагнітних наводок в декілька вольт на метр. Так, наприклад, радіотелефон визиває наводки в рядом розташованих кабелях до 10 В/м, радар – до 100 В/м.

Для високошвидкісних мереж необхідно застосовувати екранивані рішення [3]: спостерігається зменшення впливу зовнішніх електромагнітних полів (загасання екранування) від 35 – 45 дБ на низьких частотах до 30 – 35 дБ на високих частотах відповідно. Це практично повністю вирішує проблему впливу зовнішніх джерел, включаючи між кабельні перешкоди та випромінювання в простір. В конструктивному плані використовуються плівкові та у вигляді оплітки екрани. Але вартість екраниваної виті пари на 40 – 100% більша в порівнянні з неекраниваною.

Механізм електромагнітного екранування полягає у відбитті електромагнітних хвиль від границь розділу діелектрик – метал та метал – діелектрик, а також у загасанні електромагнітної хвилі в товщі екрану.

**Ціль статті: аналіз ефективності екранування неекраниваних витих пар в залежності від матеріалу та товщини захисної полімерної оболонки.**

### Вплив матеріалу та товщини захисної оболонки на напруженість електричного поля неекранованої виті пари.

Виконані розрахунки напруженості електричного поля виті пари з поліетиленовою ізоляцією при застосуванні захисної полімерної оболонки на основі наповненого поліетилену (PE) (відносна діелектрична проникність  $\epsilon$  дорівнює 3,0) (рис. 1а) та полівінілхлоридного пластику (PVC) (відносна діелектрична проникність  $\epsilon$  дорівнює 6,5) (рис. 1б) показують, що при однаковій товщині полімерних оболонок в разі застосування PVC напруженість електричного поля на внутрішній поверхні менше, а на зовнішній – більше, практично, в 2 рази в порівнянні з PE.

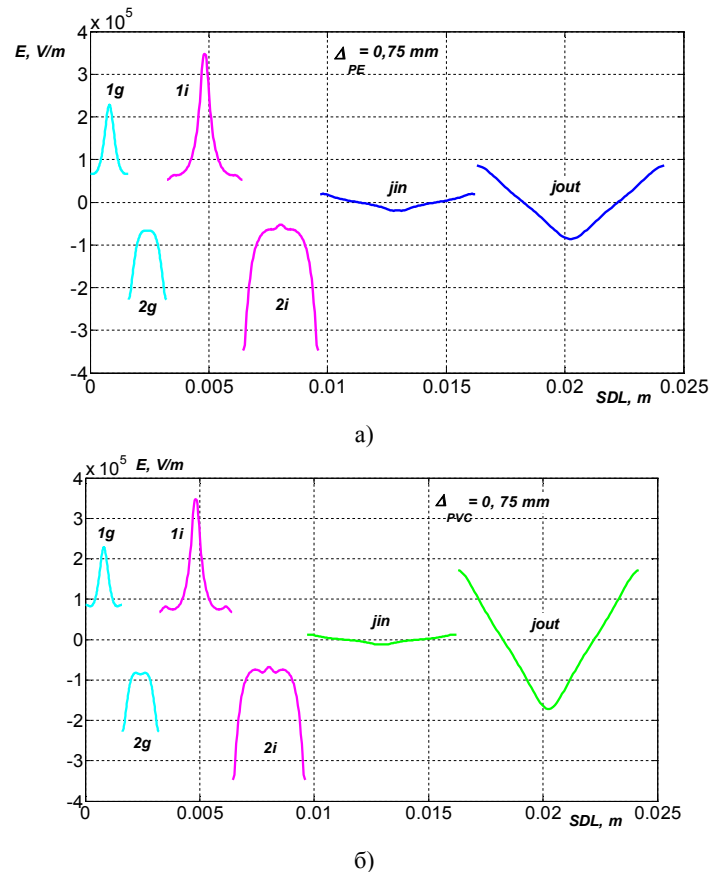


Рис. 1 – Розгортка напруженості електричного поля по поверхнях струмопровідних жил (1g, 2g), ізоляції (1i, 2i), внутрішній (jin) та зовнішній (jout) поверхні неекранованої виті пари: а – полімерна оболонка на основі наповненого поліетилену; б – полімерна оболонка на основі полівінілхлоридного пластику

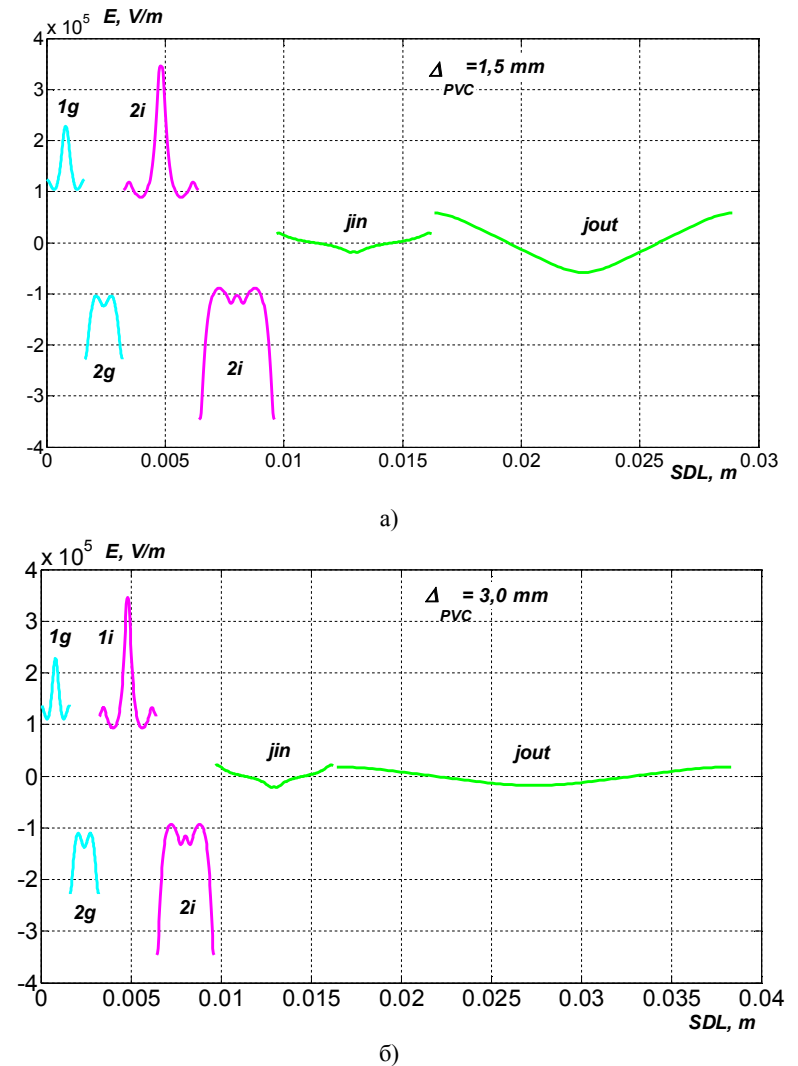


Рис. 2 – Вплив товщини полімерної полівінілхлоридної захисної оболонки виті пари на рівень електричної складової власного електромагнітного випромінювання: а – товщина полімерної оболонки 1,5 мм; б – товщина полімерної оболонки 3 мм

Отже, при застосуванні полівінілхлоридної оболонки рівень електричної складової електромагнітного випромінювання (ЕМВ) в оточуючий простір буде значно вищий, ніж при застосуванні оболонки

на основі поліетилену. Це пов'язано з більшим значенням відносної діелектричної проникності PVC оболонки.

Зменшити рівень власного ЕМВ витой неекранованої пари можливо за рахунок збільшення товщини оболонки (рис.2): при збільшенні товщини полімерної оболонки в 2 рази напруженість електричного поля на зовнішній поверхні зменшується, в середньому, в 5 разів (порівняйте рис.2а та 2б). Збільшення товщини оболонки призводить, з однієї сторони, до збільшення масо-габаритних розмірів та собівартості кабелю, а з другої, – до зменшення гнучкості витих пар – однієї з найсуттєвіших переваг над екранованими.

Але полімерні оболонки незапобігають захисту від зовнішніх електромагнітних перешкод.

Для забезпечення вимог за електромагнітною безпекою виті пари екрануються. Передача сигналів на частотах вище 100 МГц викликає потужні електромагнітні поля навколо кожної пари: найменші відхилення в конструкції витой пари від симетричності призводять до різкого зростання перехідних перешкод та виходу параметрів взаємних впливів за межі норм.

#### Оцінка ефективності екранування витой пари.

Екранування захищає виту пару як від впливу зовнішніх електромагнітних полів, так і локалізує (значно зменшує в залежності від екрану) власне внутрішнє випромінювання витой пари.

Наявність металевго екрану призводить до спотворення електричного поля в конструкції кабелю (рис.3). Напруженість електричного поля на поверхні металевго екрану значно перевищує напруженість на внутрішніх поверхнях полімерних захисних оболонок (порівняйте рис.1, 2 та 3).

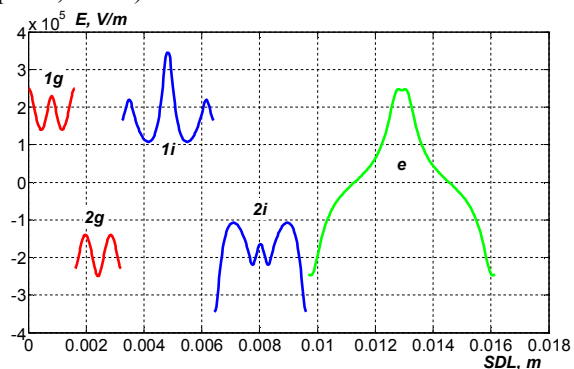
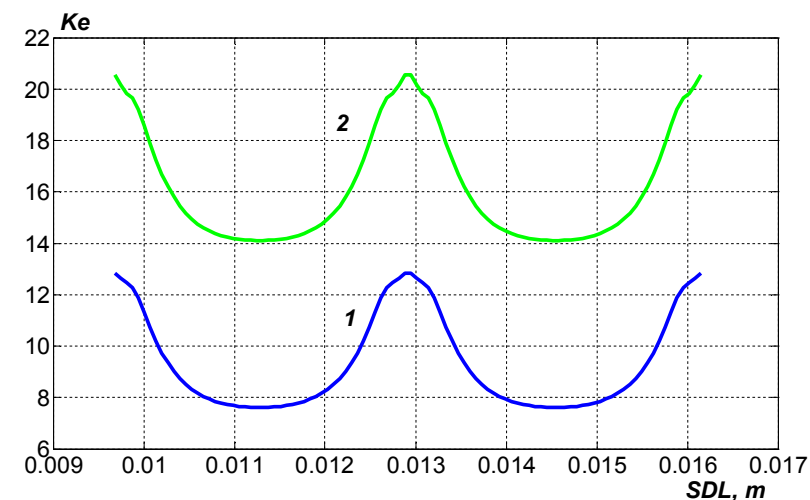
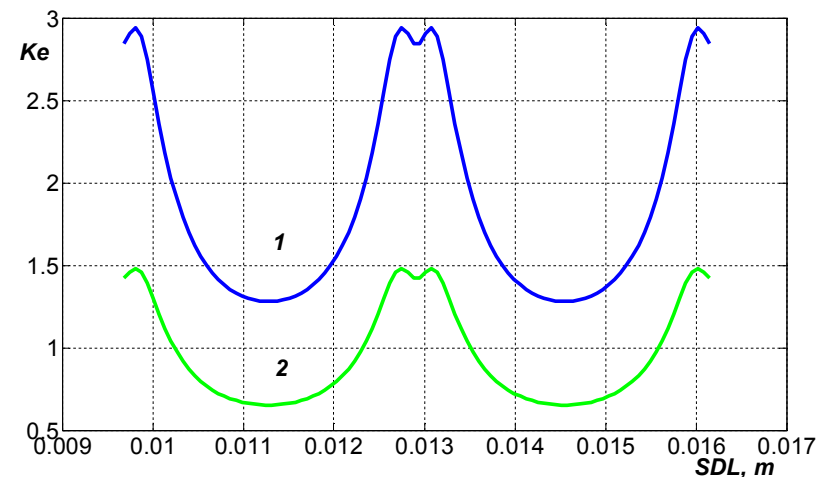


Рис. 3 – Розгортка напруженості електричного поля по поверхнях струмопровідних жил (1g, 2g), ізоляції (3i, 4i) та металевго екрану (e)



а)



б)

Рис. 4 – Коефіцієнти послаблення електричної складової при заміні полімерних оболонок металевим екраном: а – для внутрішніх поверхонь; б – для зовнішніх поверхонь

Ефективність екранування – ступінь послаблення електричного поля – визначається через відношення діючих значень напруженості електричного поля в даній точці простору при наявності екрану ( $E_e$ ) та відсутності ( $E_o$ ) [4]:

$$K_E = \frac{E_e}{E_o},$$

де  $K_E$  — коефіцієнт послаблення за електричною складовою.

На рис.4 наведено розрахункові коефіцієнти послаблення при заміні поліетиленової (крива 1) та полівінілхлоридної (крива 2) оболонки металевим екраном. Видно, що ефективність екранування вища при заміні поліетиленової оболонки в порівнянні з полівінілхлоридною.

### Висновки.

1. В неекраниваних витих парах зменшити рівень витоку електричної енергії можливо за рахунок використання полімерних оболонок на основі наповнених поліетиленів. Це вирішує також проблему використання матеріалів на основі галогенів, зокрема хлору, та стеарату свинцю, які містяться в PVC оболонці. Останній використовується в якості стабілізатору для підвищення температури розпаду. В PVC пластикатах можуть також вводитися вуглекислий свинець, кальцій, кадмій, барій. Свинець та кадмій відносяться до заборонених з шести небезпечних речовин відповідно до директиви RoHS: *Restriction of use of Hazardous Substances — обмеження використання небезпечних речовин*. Дана директива обмежує використання потенційно небезпечних речовин в електротехнічному та електронному обладнанні, встановлює точні границі дозволених концентрацій цих речовин.

2. Ефективність екранування залежить від матеріалу полімерної оболонки: чим менша відносна проникненість матеріалу захисної оболонки, тим вище коефіцієнт послаблення електричної складової ЕМВ.

3. Застосування металевих екранів в витих парах потребує якісного заземлення та мережі телекомунікаційного заземлення.

**Список літератури:** 1. International Standard ISO/IEC 11801 Information Technology – Generic Cabling for Customer Premises. – 1995. – 104 p. 2. TSB -36. Technical Systems Bulletin/ Additional Cable Specifications for Unshielded Twisted Pair Cables.-5p. 3. *Бойко А.М.* Обґрунтування товщини ізоляції витих екраниваних пар структурованих кабельних систем/ *А.М. Бойко, Г.В. Безprozванних* // Вісник НТУ «ХПІ». – 2011. -Т.1, вип. 2. – С. 22 – 30. 4. *Шапиро Н.Д.* Основы теории электромагнитного экранирования / *Н.Д. Шапиро* – Л.: Энергия. – 1975. – 112 с.

Надійшла в редколегію 03.10.2011

УДК 621.311

**Ю.Н. ВЕПРИК**, д-р. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»

### ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ МЕСТ УСТАНОВКИ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

У роботі представлений алгоритм вибору оптимальних місць установки додаткових компенсуючих пристроїв з метою зниження втрат потужності в електричних мережах, який базується на урахуванні ступеня завантаження елементів мережі і часткових похідних від втрат по реактивних потужностях компенсуючих пристроїв, що встановлені.

В работе представлен алгоритм выбора оптимальных мест установки дополнительных компенсирующих устройств с целью снижения потерь мощности в электрических сетях, основанный на учете степени загрузки элементов сети и частных производных от потерь по реактивным мощностям устанавливаемых компенсирующих устройств.

The algorithm of choice of optimum places of setting of additional compensating devices is in-process presented with the purpose of decline of losses of power electric networks, based on the account of load of network elements and partials from losses on the reactive-powers of the set compensating devices.

**Постановка проблемы.** Развитие электрических сетей сопровождается увеличением потерь электрической энергии, отпускаемой в сеть. Это обусловлено увеличением средних расстояний между источниками и потребителями электроэнергии, отставанием сетевого строительства и недостатком в установке средств компенсации реактивной мощности. Поэтому задача снижения потерь мощности и энергии в электрических сетях с развитием энергосистем сохраняет свою актуальность.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Снижение потерь мощности и энергии в электрических сетях является важной составляющей общего комплекса энергосберегающих мероприятий. Одним из средств решения этой задачи является оптимизация параметров режима электрической сети – управление потоками мощности, регулирование напряжений в сети, установка и регулирование устройств компенсации реактивной мощности и др. [1,2].

**Цель, задачи исследования.** Компенсация реактивной мощности в сетях – одно из возможных и эффективных мероприятий, обеспечивающих снижение потерь в электрических сетях, однако эффективность этого мероприятия в значительной степени зависит от того, насколько удачно выбраны места установки дополнительных компенсирующих устройств (КУ) в электрической сети. В то же время алгоритмы поиска наиболее эффективных мест установки